

## **Avaliação qualitativa do solo sob Sistema de Plantio Direto de Hortaliças**

Gustavo Tramontin Ronçani<sup>(1)</sup>, Arcângelo Loss<sup>(2)</sup>, Jucinei José Comin<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup> Acadêmico do Curso de Agronomia do Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). Rod. Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, CEP 88034-000, Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: gtronsani.agro@gmail.com.

<sup>(2)</sup> Professor, Departamento de Engenharia Rural, CCA, UFSC. Rod. Admar Gonzaga, 1346, Itacorubi, CEP 88034-000, Florianópolis, SC, Brasil. E-mail: arcangelo.loss@ufsc.br; j.comin@ufsc.br.

### **Resumo**

O presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade do solo em áreas de Sistema de Plantio Direto de Hortaliças (SPDH) no município de Anitápolis, SC. Foram escolhidas áreas para avaliação com plantio de hortaliças no SPDH, sendo uma com brócolis (SPDH–Brócolis) e outra com chuchu (SPDH–Chuchu). Como referência, uma área de mata secundária (Mata) foi avaliada. Adicionalmente foi avaliada uma área de pastagem (SPC–Pastagem) para fins de comparação com as áreas em SPDH. Para a aplicação do método de avaliação qualitativa utilizaram-se indicadores de qualidade do solo (IQS) aos quais foram atribuídas notas/valores de referência. Com base nesses valores, os avaliadores atribuíram notas para cada IQS, que então foram sistematizadas e apresentadas em um gráfico tipo ameiba (radar), permitindo uma rápida visualização da avaliação do conjunto dos IQS em cada área pelos participantes. Todos os IQS em SPDH–Chuchu e SPDH–Brócolis, exceto “Erosão”, foram superiores em relação à SPC–Pastagem. A maioria das médias dos IQS nas áreas sob SPDH diferiram pouco daquelas atribuídas a Mata, o que indica um ótimo nível de qualidade do solo nessas áreas. A manutenção de resíduos vegetais e a ausência de revolvimento do solo são os fatores primordiais para a melhoria do estado de qualidade do solo de um sistema agrícola. Deste modo, por proporcionar qualidade do solo, o SPDH se apresenta como uma alternativa sustentável para a produção agroecológica de culturas olerícolas.

**Palavras-chave:** matéria orgânica, estrutura do solo, sistema plantio direto de hortaliças, indicadores de qualidade do solo.

## **Soil qualitative evaluation under no tillage system vegetables crops**

### **Abstract**

The present study evaluated the soil quality in areas of no-tillage system for vegetable crops (SPDH) and it was carried out in the city of Anitápolis, SC. For this, areas with vegetable cultivation under SPDH were selected for evaluation, one with broccoli (SPDH - Brócolis) and another with chayote (SPDH-Chuchu). As a reference, a secondary forest area (Mata) was evaluated. A pasture area (SPC-Pastagem) was also evaluated for the purpose of comparison with areas under SPDH. For the application of qualitative evaluation method, the soil quality indicators (IQS) were used, to which reference grades/values were assigned. Based on these values, the evaluators assigned grades for each IQS, which were then systematized and presented in an ameba (radar) graph, allowing an quick visualization of the set of IQS evaluated in each area by the participants. All IQS in SPDH-Chuchu and SPDH – B, except "Erosion", were higher than SPC-Pastagem. Most of the IQS averages in areas under SPDH differed slightly from those attributed to Mata, indicating an excellent level of soil quality in these areas. The maintenance of vegetal residues on the surface of the soil and the abscense of soil tillage are the main factor for the improvement of the soil quality of an agricultural system. Thus, by providing soil quality, the SPDH presents itself as an alternative for the agroecological production of vegetables crops.

**Keywords:** organic matter, soil structure, no-tillage system for vegetables, soil quality indicators.

### **Introdução**

O cultivo de olerícolas normalmente é realizado mediante o sistema de preparo convencional do solo (SPC), o qual se caracteriza pelo seu intensivo revolvimento. As operações de aração e gradagem e, ou enxada rotativa, ocasionam consequências negativas aos atributos do solo, como a pulverização da estrutura do solo, a redução da infiltração de água, o aumento na velocidade de mineralização da matéria orgânica e a compactação do solo em profundidade (MAROUELLI et al., 2010; CRUZ et al., 2011). No Brasil, onde a maioria dos solos agricultáveis estão expostos às condições de clima tropical e subtropical, somado aos problemas ocasionados pelo SPC, os grandes volumes de chuva e altas temperaturas, intensificam o processo de erosão hídrica e de redução dos teores de matéria

orgânica no solo, contribuindo para a degradação física, química e biológica das áreas agrícolas (LUCIANO et al., 2010; PERIN et al., 1998).

Por essas razões, o sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH) tem sido adotado como uma alternativa à produção de culturas olerícolas (LUCIANO et al., 2010; KIELING et al., 2009; MÜLLER JÚNIOR et al., 2014; FAYAD et al., 2013). O SPD se caracteriza pelo mínimo revolvimento do solo, delimitado às linhas de plantio, e pela manutenção de cobertura com resíduos vegetais sobre o solo, possibilitando melhorias para a fertilidade do solo, aumento da estabilidade de agregados, formação e manutenção de bioporos, aumento na infiltração e capacidade de retenção de água, redução das perdas de solo por erosão, melhoria no desenvolvimento do sistema radicular das plantas, dentre outros benefícios (CARDOSO et al., 2012; LUCIANO et al., 2010). Nesse contexto, a adoção de sistemas agrícolas que por meio do manejo contribuem para a melhoria dos atributos do solo, constituem a ligação entre a conservação dos recursos naturais com a manutenção de produtividades adequadas no longo prazo (COSTA et al., 2003).

O conceito de qualidade do solo é um fator essencial para a sustentabilidade de uma atividade agrícola, sendo definido como “a capacidade de um solo funcionar dentro dos limites de um ecossistema natural ou manejado, para sustentar a produtividade de plantas e animais, manter ou aumentar a qualidade do ar e da água e promover a saúde das plantas, dos animais e dos homens” (DORAN & PARKIN, 1994). A qualidade do solo proporcionada pelo SPDH pode ser avaliada por meio de atributos indicadores quantitativos e qualitativos. Os atributos indicadores qualitativos constituem uma ferramenta de fundamental importância para integrar os agricultores no monitoramento dos progressos ou regressos relacionados à sustentabilidade de uma determinada atividade agrícola, possibilitando-os de avaliar os fatores limitantes da produção em suas propriedades (REICHERT et al., 2003). Para isso, os indicadores devem ser de fácil obtenção, considerar as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, serem sensíveis às alterações ocasionadas pelo manejo, para refletir as mudanças que ocorrem no sistema agrícola. E também, se recomenda que a avaliação seja realizada a partir da adoção de um conjunto mínimo desses indicadores para obter resultados mais confiáveis (LIMA et al., 2007).

A metodologia qualitativa de avaliação da qualidade do solo, através de Indicadores de Qualidade do Solo (IQS), permite mensurar a sustentabilidade de forma comparativa ou relativa, comparando a evolução de um mesmo sistema através do tempo ou comparando

dois ou mais agroecossistemas sob diferentes manejos ou estado de transição. A comparação de vários sistemas permite a um grupo de avaliadores identificar os sistemas mais saudáveis, tornando-se estes uma espécie de referencial demonstrativo onde os avaliadores tentam decifrar os processos e interações ecológicas que possivelmente explicam o melhor destes sistemas (ALTIERI & NICHOLLS, 2002).

Dentre os IQS, o teor de matéria orgânica do solo (MOS) é o atributo mais estudado e o que melhor reflete a qualidade do solo. Por ser sensível às práticas de manejo, o seu declínio, ao longo do tempo, indica algum distúrbio no sistema de manejo adotado, como perdas de nutrientes e erosão do solo devido ao excesso de revolvimento do solo, dentre outros distúrbios (MIELNICZUK, 2008; VEZZANI & MIELNICZUK, 2009). Estas alterações podem aumentar a fragilidade do sistema tornando-o mais dependente de insumos externos e tecnologias para a manutenção da produtividade das culturas agrícolas. A maioria dos atributos do solo relacionados às suas funções básicas tem estreita relação com o teor de MOS (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009). Dentre esses atributos se destacam a estruturação física, infiltração e retenção de água, resistência à erosão, atividade biológica, capacidade de troca de cátions (CTC), disponibilidade de nutrientes para as plantas, entre outros. (MIELNICZUK, 2008). Os indicadores físicos da qualidade do solo normalmente utilizados são a densidade, a porosidade, a estabilidade de agregados, a resistência mecânica do solo à penetração (LIMA et al., 2007). E ainda, o teor de MOS pode ser facilmente estimado, através de avaliação visual, por que de modo geral solos de coloração mais escura possuem maior conteúdo de matéria orgânica (FERREIRA, 2012).

A fauna do solo é um indicador qualitativo indispensável para a qualidade do solo. A maior parte dos componentes da fauna do solo tem a capacidade de melhorá-lo, especialmente no que diz respeito à mobilização de nutrientes. Também no melhoramento da estrutura, através da atividade microbiológica do solo, e ainda melhoram a física do solo, através da atividade microbiológica escavação e revolvimento que ocasionam, favorecendo a penetração das raízes, à infiltração de água e à circulação de ar (PRIMAVESI, 1982; COSTA et al., 1993). A fauna do solo, por meio de seu metabolismo, exerce o importantíssimo papel de transformar em MOS os materiais orgânicos aportados ao sistema, contribuindo para a melhoria da fertilidade do solo. Enquanto que a matéria orgânica e os microrganismos auxiliam na estabilização da estrutura do solo, por sua vez, um solo bem estruturado protege fisicamente a matéria orgânica e os microrganismos do

solo, formando um circuito complexo e intimamente ligado entre agregação, microbiota e matéria orgânica (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Portanto, a partir de atributos indicadores, é possível analisar a evolução na qualidade do solo cultivado em SPDH. Já existem alguns estudos que mensuram a sustentabilidade de sistemas agrícolas, por meio de indicadores qualitativos da qualidade do solo, com o uso de culturas perenes (ALTIERI & NICHOLLS, 2002; FERREIRA LOBO et al., 2009; SOLDÁ et al., 2014; BOURSCHEID et al., 2015). Entretanto ainda são incipientes os trabalhos que avaliam a sustentabilidade em SPDH por meio de indicadores qualitativos. Assim, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a qualidade do solo, por meio de atributos indicadores qualitativos, em áreas de SPDH, em comparação a uma área de floresta e pastagem.

## **Materiais e métodos**

### **Descrição dos locais do estudo**

O estudo foi realizado no município de Anitápolis, SC, na grande Florianópolis. Foram escolhidas para avaliação áreas com plantio de hortaliças no SPDH, sendo uma com cultivo de brócolis (*Brassica oleracea* var. *italica*) e outra com chuchu (*Sechium edule*). Como referência, uma área de mata secundária foi avaliada. E também foi avaliada uma área de pastagem para fins de comparação com as áreas em SPDH.

O SPDH com brócolis foi adotado há 16 anos. Nesta propriedade, o plantio da cultura do brócolis em SPDH é feito durante o ano inteiro. Entretanto, após a colheita, as áreas ficam em pousio durante um ano antes de serem cultivadas novamente com brócolis sobre a palhada de plantas espontâneas, principalmente de capim Papuã (*Brachiaria plantaginea*). Nessa área o brócolis é plantado mobilizando o solo apenas onde é colocada a muda. No período do inverno o plantio é efetuado sem manejar a vegetação espontânea, a qual entra em senescência naturalmente. Entretanto, no verão o manejo da vegetação antes do plantio é feito com a utilização de herbicidas. Tanto na área de mata quanto no SPDH com brócolis predomina o solo Cambissolo Háplico (EMBRAPA, 2013), em relevo forte ondulado.

Na área com SPDH com chuchu a parcela avaliada se encontrava em relevo plano, próxima à margem de um rio, o SPDH foi implantado há sete anos, com adoção de semeadura anual e manejo de plantas de cobertura como aveia preta (*Avena strigosa*),

azevém (*Lolium multiflorum*), ervilhaca (*Vicia sativa*) e nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.). Nesta área, o solo predominante é o Neossolo Fluvico (EMBRAPA, 2013).

A área com pastagem encontrava-se em relevo plano a suave ondulado sob Cambissolo Háplico (EMBRAPA, 2013). Essa área vem sendo utilizada há 22 anos em SPC do solo. Atualmente está sendo utilizada no verão para o plantio de milho para silagem, e para semeadura de azevém no inverno, ambos em SPC do solo.

### **Metodologia de avaliação**

A avaliação do nível de qualidade do solo das áreas do presente estudo foi realizada no dia 14 de setembro de 2016 por um grupo de 11 estudantes do Programa de Pós-graduação em Agroecossistemas (PGA) da Universidade Federal de Santa Catarina durante a disciplina de Capacidade Produtiva do Solo. Os estudantes foram previamente capacitados sobre como realizar esta avaliação, assim como todos possuem conhecimentos sobre a agroecologia e o SPDH, os quais foram abordados ao longo do curso na disciplina de Capacidade Produtiva do Solo no PGA.

Para a aplicação do método de avaliação qualitativa utilizaram-se os IQS constantes na Tabela 1, sendo entregue uma planilha para cada avaliador com a lista dos itens/atributos propostos, aos quais foram atribuídas notas/valores de referência. As notas atribuídas aos IQS variam de 1 a 10, sendo que o valor 1 corresponde ao nível indesejável, o valor 10 equivale ao nível desejável, e o valor 5 corresponde a um estado intermediário. Os IQS propostos na avaliação foram adaptados às condições locais do estudo através da metodologia de Altieri & Nicholls (2002). A escolha das áreas para fins de avaliação dos IQS levou em consideração a sua representatividade em relação a cada sistema avaliado (SPDH com brócolis e chuchu, mata e pastagem). Em cada uma dessas áreas foi aberta uma mini-trincheira de 0,50 x 0,50 x 0,50 m para a realização da avaliação e coleta das amostras de solo.

**Tabela 1.** Indicadores de Qualidade do Solo (IQS) com os respectivos valores (mínimo, médio e máximo) e características de avaliação.

<b>IQS</b>	<b>Valor</b>	<b>Características</b>
Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica (MO).	1	Coloração clara, odor de terra de estrada (cheiro de poeira) e baixa quantidade de resíduos orgânicos sobre o solo.
	5	Coloração intermediária entre clara e escura, sem odor marcante do cheiro de poeira. Percebe-se a presença de resíduos orgânicos recobrando o solo.
	10	Coloração escura, odor de terra fresca (cheiro de terra do mato). Percebe-se a abundância de resíduos orgânicos recobrando a superfície do solo.
Profundidade do solo explorada pelas raízes (Enraizamento)	1	Volume de solo explorado não ultrapassa 10 cm.
	5	Volume de solo explorado entre 10 e 20 cm.
	10	Volume de solo explorado superior a 40 cm.
Estrutura do Solo (Estrutura)	1	Solo com estrutura sem agregados visíveis. Dificuldade de retirar torrão da massa de solo.
	5	Solo solto, apresentando estrutura com poucos agregados visíveis, que se desfazem com leve pressão dos dedos.
	10	Solo estruturado e com agregados visíveis, mantendo os agregados intactos após leve pressão com os dedos.
Compactação e Infiltração (Compactação)	1	Solo muito compactado apresentando alta resistência à penetração da ponta da faca e baixa infiltração da água, pois tem dificuldade da água penetrar no solo.
	5	Presença de compactação, apresentando média resistência à penetração da ponta da faca, com infiltração lenta da água no solo.
	10	Solo não compactado, apresentando alta facilidade da ponta da faca penetrar no solo, assim Como a água infiltra facilmente no solo.
Erosão (Erosão)	1	Erosão severa, presença de sulcos e canais de erosão.
	5	Erosão pouco visível (laminar), o escoamento não cria sulcos.
	10	Sem sinais visíveis de erosão.
Retenção de Umidade (Umidade)	1	Solo seca rápido.
	5	Baixa capacidade de retenção de umidade mesmo durante condições normais de pluviosidade.
	10	Alta capacidade de retenção de umidade mesmo durante estiagem prolongada.
Atividade Biológica (Macrofauna)	1	Ausência de atividade biológica, não se observa minhocas ou artrópodes.
	5	Presença de minhocas e artrópodes.
	10	Alta atividade biológica, com presença abundante de minhocas e artrópodes.
Estado dos restos vegetais e cobertura do solo (Palhada)	1	Pouca ou nenhuma palhada, sem sinais de decomposição.
	5	Fina camada de palhada, cobertura do solo inferior a 50%.
	10	Espessa camada de palhada, restos vegetais em diferentes estágios de decomposição, cobertura superior a 90%.

Para a avaliação do item “Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica (MO)”, cada avaliador tomou em suas mãos uma amostra de terra da mini-trincheira aberta a fim de

fazer uma análise visual, pela observação da cor e presença de fragmentos de materiais orgânicos (folhas, raízes). A amostra também foi avaliada pelo cheiro, para distinguir em qual grau o odor da terra se aproxima mais do cheiro de terra da mata, ou à poeira, semelhante ao odor de terra de estrada. No item “Profundidade do solo explorada pelas raízes (Enraizamento)” verificou-se a presença de raízes nas diferentes profundidades da trincheira. No item “Estrutura do Solo (Estrutura)”, foram coletadas amostras na trincheira, e por meio de observação visual, foi analisada a presença e tamanho dos agregados, submetendo os, em seguida, a pressão com os dedos para avaliar a resistência à deformação.

Na avaliação de “Compactação e Infiltração (Compactação)” foi utilizado o método de introduzir a faca no solo para avaliar a resistência à penetração da ponta da faca. Também foi despejada água dentro de um cano de PVC com 100 mm de diâmetro fixado na terra, para avaliar o tempo de infiltração de 1 L de água. No item “Erosão (Erosão)” verificou-se a presença de erosão laminar ou em sulcos de erosão na área circundante a mini trincheira aberta. No item “Retenção de Umidade (Umidade)” os avaliadores tomaram uma porção do solo retirado da mini-trincheira para avaliar a umidade presente. Também foi verificado em quanto tempo o solo após ser retirado da mini-trincheira, levava para secar superficialmente. No item “Atividade Biológica (Macrofauna)”, observou-se a presença da macro e mesofauna no momento da abertura da mini-trincheira, assim como vestígios de coprólitos de minhocas na superfície do solo. No item “Estado dos restos vegetais e cobertura do solo (Palhada)” foi verificada a quantidade de cobertura no solo, bem como a qualidade e estado dos restos vegetais em sua superfície (resíduos verdes, decompostos ou parcialmente decompostos).

Os valores atribuídos pelos avaliadores foram sistematizados, calculando-se a média em cada item. Estas médias foram tabuladas e apresentadas em um gráfico tipo ameiba (radar), permitindo que a avaliação do conjunto dos IQS em cada área avaliada fosse facilmente observada pelos participantes. Nesse tipo de gráfico, os valores mais próximos do lado externo indicam que o sistema está mais próximo da qualidade do melhor sistema de referência, no caso a área de mata nativa. O delineamento experimental foi composto por quatro tratamentos, sendo estes, o SPDH com cultivo de Brócolis (SPDH-Brócolis), uma área de mata nativa como testemunha (Mata), o SPDH em lavoura de Chuchu (SPDH-Chuchu) e, plantio de milho e semeadura de forrageiras de inverno em SPC do solo (SPC-Pastagem).



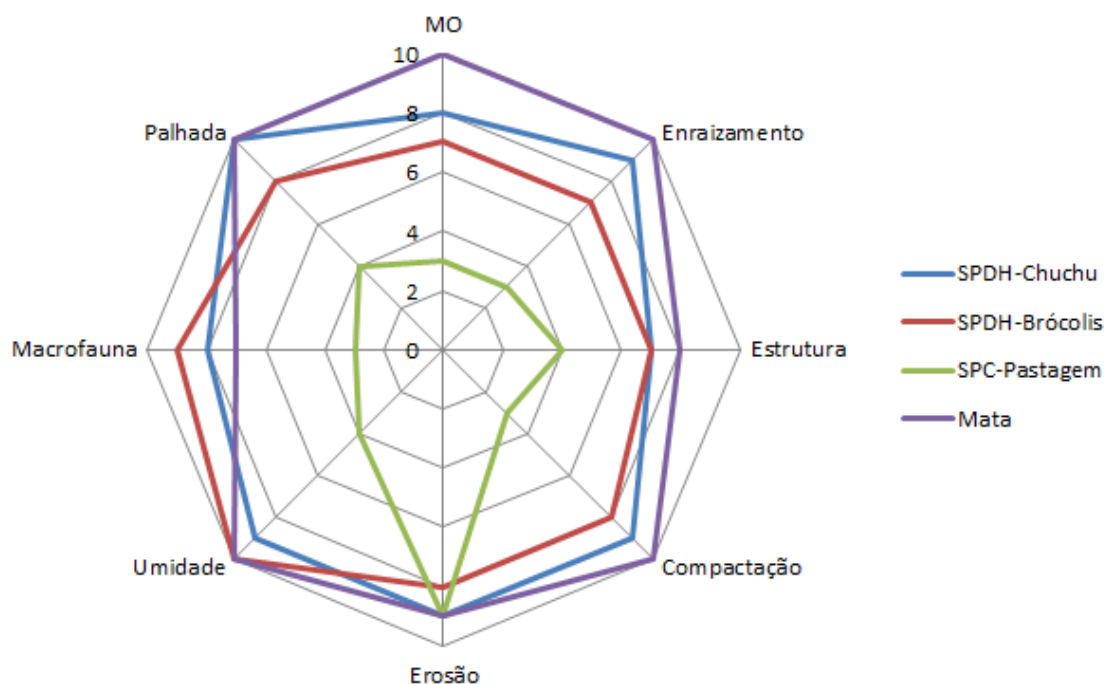
## Resultados e Discussão

Os resultados demonstram que para todos os oito IQS, no SPDH–Chuchu e SPDH–Brócolis, as médias das notas diferiram pouco daquelas atribuídas a Mata (Tabela 2), considerada como referência de qualidade do solo para o presente estudo, comprovando um excelente nível de qualidade do solo nas áreas sob SPDH. Entretanto, na área de SPC-Pastagem, os valores atribuídos para todos os IQS, exceto Erosão, ficaram abaixo do mínimo nível desejável (nota 5,0), evidenciando um baixo nível de qualidade do solo (Tabela 2).

Estes resultados podem ser facilmente visualizados na Figura 1, na qual as linhas que representam a avaliação das áreas em SPDH se situam mais próximas ao lado externo do gráfico, enquanto que a linha que representa SPC-Pastagem se concentra mais próxima do centro do gráfico. Fayad et al. (2016), ao comparar uma lavoura de tomate sob SPC com uma área de cana-de-açúcar em SPDH verificaram resultados semelhantes aos do presente estudo, onde a avaliação dos IQS em SPDH com a cana-de-açúcar demonstrou um nível de qualidade do solo bastante superior em relação ao SPC, estando próxima de sua condição original.

**Tabela 2.** Valores atribuídos para os IQS nas diferentes áreas avaliadas.

Indicadores de Qualidade do Solo	Sistemas avaliados			
	SPDH-Chuchu	SPDH-Brócolis	SPC-Pastagem	Mata
MO	8	7	3	10
Enraizamento	9	7	3	10
Estrutura	7	7	4	8
Compactação	9	8	3	10
Erosão	9	8	9	9
Umidade	9	10	4	10
Macrofauna	8	9	3	7
Palhada	10	8	4	10
Tempo de Infiltração	15s	6min 28s	>15min	6min 22s



**Figura 1.** Disposição dos IQS nas diferentes áreas avaliadas.

Para o IQS “Estado dos restos vegetais e cobertura do solo” (Palhada) os participantes constataram que a condição encontrada em SPDH-Chuchu (Figura 2a) equipara-se à da Mata (Figura 2d), ambas com nota 10,0 (Tabela 2). No SPDH-Chuchu tem-se a superfície do solo toda coberta com plantas de cobertura e com resíduos vegetais em diferentes estágios de decomposição sobre o solo. Durante o inverno, nessa área são cultivadas em consórcio aveia preta, ervilhaca, nabo forrageiro e azevém. Essas espécies vegetais estão entre as plantas de cobertura mais utilizadas, e se destacam pela alta produção de matéria seca, de 3 a 8 t ha<sup>-1</sup> para a aveia preta, 4 a 6 t ha<sup>-1</sup> para a ervilhaca, 2 a 5 t ha<sup>-1</sup> para o nabo forrageiro e 5 a 10 t ha<sup>-1</sup> para o azevém (FAYAD et al., 2013; CALEGARI, 2008). Portanto, a presença constante de plantas de cobertura na superfície do solo no SPDH-chuchu se equipara a área referencia de Mata, em relação à presença de palhada.

No SPDH-Brócolis, o plantio direto é realizado sobre os resíduos da vegetação espontânea, composta principalmente por capim papuã (*Brachiaria plantaginea*), gramínea anual de verão que apresenta uma produção de matéria seca de até 8 t ha<sup>-1</sup> (FAYAD et al., 2013). A nota atribuída pelos avaliadores para o IQS “Palhada” foi um pouco menor que no SPDH-Chuchu, porém bem maior que na área de SPC-Pastagem (Tabela 2), evidenciando uma boa condição de cobertura do solo (Figura 2b). A diferença entre as notas para SPDH-Chuchu (10,0) e Brócolis (8,0) possivelmente deve-se pela menor

quantidade de cobertura verde e pelo grau de decomposição da palhada no momento da avaliação no SPDH-Brócolis, que foi efetuada no final do inverno. Nesta época a gramínea papuã já se encontra naturalmente acamada devido à queda da temperatura, e tende a rebrotar na primavera, com o aumento da temperatura (ARAÚJO, 1967).

Na área de SPC-Pastagem, foi verificada uma baixa quantidade de resíduos vegetais sobre o solo em diferentes estágios de decomposição (Figura 2c), apresentando apenas a cobertura vegetal verde do azevém. Pela nota 4,0 atribuída pelos avaliadores para o IQS “Palhada”, a quantidade de cobertura do solo se encontrava em um estado abaixo do mínimo desejável. No momento da avaliação a área estava ocupada com pastagem de azevém e no verão, a área é utilizada para a produção de milho para silagem, ambas em SPC. Nesta área, tanto para o azevém quanto para o milho, exporta-se toda a parte aérea da planta, seja pelo pastejo do gado no azevém ou pela silagem do milho, ocasionando a redução do aporte de resíduos vegetais sobre o solo. Desse modo, devido, à natureza dos cultivos realizados na área e às operações do SPC, que fragmentam e incorporam os resíduos vegetais ao solo, favorecendo a sua rápida decomposição, havia muito pouca palhada no momento da avaliação.



**Figura 2.** Estado dos restos vegetais e cobertura do solo em (a) SPDH-Chuchu, (b) SPDH-Brócolis, (c) SPC-Pastagem e (d) Mata.



Na avaliação do IQS “Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica” (MO) os valores atribuídos em SPDH–Chuchu e SPDH–Brócolis, foram similares e inferiores a área de Mata (Tabela 2, Figura 3c), No entanto, na área de Pastagem – SPC a nota atribuída foi muito baixa (3,0), e reflete a coloração mais clara do solo, indicando um estado abaixo da condição ideal mínima (Figura 3d). Em SPDH–Chuchu e SPDH–Brócolis, pela presença de um horizonte superficial de coloração mais escura, ambos com  $\pm 20$  cm de espessura, a observação visual evidencia maiores teores de MO nessas áreas (Figuras 3a, 3b), uma vez que solos de coloração mais escura possuem, no geral, maior conteúdo de matéria orgânica (FERREIRA, 2012), o que é corroborado pelo horizonte mais escuro na área de mata (Figura 3c). No SPC–Pastagem (Figura 3d), também se observa um horizonte superficial de  $\pm 20$  cm de espessura, porém de cor bem mais clara que os demais, o que indica menores teores de MO nesta área em comparação às demais áreas avaliadas.



**Figura 3.** Perfil de solo evidenciando a “Cor, Odor e Teor de Matéria Orgânica” em (a) SPDH–Brócolis (b) SPDH–Chuchu, (c) Mata e (d) SPC–Pastagem.

Em SPDH–Chuchu, a Epagri tem feito o acompanhamento da evolução do acúmulo de MO no solo desde antes da adoção do SPDH na propriedade. Na primeira análise, sete

anos atrás, o teor de MO era de 0,9%, estando atualmente em 4,1% na camada de 0 a 10 cm (Tabela 3), o que corrobora com os valores atribuídos ao IQS “MO” nessa área. Portanto, os resultados obtidos nas diferentes áreas para esse IQS estão correlacionados com os resultados do IQS “Palhada”, uma vez que o acúmulo de MO no solo depende fundamentalmente da quantidade de resíduos vegetais produzidos e acumulados nos sistemas agrícolas (BAYER et al., 2004; WENDLING et al., 2005). Contudo, o aumento dos teores de MOS nessa área não se deve totalmente ao aporte de palhada proporcionado pelo SPDH. Por estar submetida a inundações periódicas, o aumento dos teores de MOS provavelmente possui grande relação com a deposição de sedimentos pelas enchentes.

**Tabela 3.** Análise de solo da área de SPDH–Chuchu na camada de 0 a 10 cm.

Nº da Amostra	Ref.	Área (ha)	Mat.Org.	% Argila m/v	pH-Água 1:1	Índice SMP	P mg/dm³	K mg/dm³	M.O. %
14804	01 - Varzea-0-10	--		13	6,3	6,8	381,2	262,0	4,1

Ao avaliar o IQS “Atividade biológica” (Macrofauna) evidenciou-se maior presença de artrópodes e minhocas, assim como galerias e coprólitos de minhocas, em SPDH–Chuchu e SPDH–Brócolis em relação à SPC-Pastagem, resultado que possui correlação com o IQS “Palhada” e “MO” uma vez que, os resíduos vegetais constituem a principal fonte de alimento e habitat para grande parte das espécies de invertebrados que habitam o solo (SILVA et al., 2006). Também, os maiores percentuais de umidade no solo, encontrados no SPDH (Tabela 2, Figura 1), resultam em maior abundância e riqueza de fauna edáfica (ALVES et al., 2006). Outros fatores que possuem ação seletiva sobre a fauna do solo são a insolação incidente, a porosidade e a temperatura do solo, portanto em solos compactados, e solos descobertos, onde podem ocorrer grandes oscilações de temperaturas durante o dia e alta incidência de insolação, os organismos do solo encontram dificuldades para se desenvolver plenamente (PRIMAVESI, 1982).

Desse modo, as práticas utilizadas no SPDH, como a mínima mobilização e a manutenção de resíduos vegetais sobre o solo, proporcionam maior atividade e diversidade de organismo da fauna edáfica em comparação ao SPC (COSTA et al., 1993; BARETTA et al., 2006). Conforme observado por Alves et al. (2006), além da maior abundância de cobertura vegetal do SPDH em relação ao SPC, sistemas que foram implantado a mais tempo proporcionam maior atividade e diversidade de fauna edáfica, o que pode explicar o fato de o valor atribuído ao SPDH–Brócolis (9,0) para esse IQS ser maior do que ao

atribuído ao SPDH–Chuchu (8,0). No SPC-Pastagem, a baixa quantidade de macrofauna está diretamente relacionada com os baixos teores de MO, menor umidade e maior compactação do solo, devido ao revolvimento do solo.

Na avaliação do IQS “Estrutura do solo” (Estrutura), os valores iguais atribuídos a SPDH–Chuchu e SPDH–Brócolis, indicam que as condições de manejo encontradas nessas áreas são semelhantes (uso de plantas de cobertura e manutenção dos resíduos vegetais na superfície do solo sem revolvimento) e quase se equivalem às condições estruturais da área de Mata. Nessas áreas foi verificada a presença de agregados de formato arredondado e estáveis após ligeira pressão entre os dedos, o que indica serem formados pela atividade biológica do solo, com destaque para a macrofauna, e também para a atividade das raízes, pela exsudação de substâncias orgânicas que atuam como agentes ligantes dos agregados e entre eles (FAYAD et al., 2013).

Na área de SPC-Pastagem foi verificada baixo grau de agregação do solo, o que condiz com agregados pouco estáveis e que se quebravam facilmente após ligeira pressão. Estes resultados são decorrentes do uso do SPC nesta área, que ocasiona fragmentação da estrutura do solo. As principais causas desse fenômeno estão relacionadas a exposição da sua superfície às intempéries do clima, como o impacto das gotas de chuva, que ocasiona desagregação e selamento superficial, escoamento superficial da água e erosão, que carregam as finas partículas de argila para longe, também a exposição do solo à radiação solar e a oscilações de temperatura, que prejudicam o desenvolvimento da biota edáfica, além da destruição dos agregados e compactação do solo, ocasionados pelo trabalho dos implementos de preparo do solo e pelas máquinas (PRIMAVESI, 1982; COSTA et al., 1993).

Os resultados obtidos para o IQS “Estrutura” estão relacionados com os resultados dos IQS “Palhada”, “MO” e “Macrofauna”, uma vez que a dinâmica da formação e estabilização dos agregados depende primordialmente do fluxo de energia retida na forma de compostos orgânicos no solo, que constituem a principal fonte de energia para a biota edáfica, importante agente de formação e estabilização dos agregados do solo (VEZZANI & MIELNICZUK, 2009). Ou seja, sistemas de manejo do solo que reduzam ao máximo o seu revolvimento e possibilitem o aporte contínuo de material orgânico na sua superfície, a exemplo do SPDH, possuem maior capacidade de formar estruturas com agregação de maior estabilidade, além de proteger a estrutura do solo do impacto das gotas de chuva (COSTA et al., 1993).

No que concerne o IQS “Compactação e Infiltração” (Compactação), se constatou pouca diferença entre os valores atribuídos às áreas de SPDH–Chuchu e SPDH–Brócolis em relação à Mata. Os resultados verificados para esse IQS nas diferentes áreas estão relacionados com os resultados dos IQS “MO”, “Enraizamento” e “Estrutura”, uma vez que a MO e o sistema radicular cumprem um importante papel na estruturação do solo, em especial na formação de macroporos, tornando-o menos compactado, influenciando na infiltração de água no perfil do solo (PRIMAVESI, 1982; LUCIANO et al., 2010). Na área de SPC-Pastagem, a nota atribuída para o IQS “Compactação”, e a taxa de infiltração de água (Tabela 2), evidenciam as alterações ocasionadas no solo pelo SPC, como a compactação das camadas superficiais (SCHAEFER et al., 2001), fenômeno que tem reflexos na diminuição da infiltração de água no solo (PRIMAVESI, 1982). Na área de Mata, o tempo de infiltração da água foi de 6 minutos e 22 segundos, enquanto que no SPC-Pastagem se passaram 15 minutos e somente uma parte do volume de água penetrou no solo. Em SPDH–Brócolis, o mesmo volume de água penetrou o solo em 6 minutos e 28 segundos, praticamente o mesmo tempo da área de Mata. O menor tempo de infiltração de água foi verificado em SPDH–Chuchu, onde em apenas 15 segundos o mesmo volume de água penetrou totalmente no solo.

A atividade das raízes das plantas de cobertura no solo, além de incrementar os teores de MO, promove a abertura de canais, que facilitam o deslocamento da fauna edáfica e melhoram a infiltração e drenagem da água superficial para o interior do perfil do solo (FAYAD et al., 2013). Além de melhorar as taxas de infiltração de água no solo pelo efeito de agregação do solo, ocasionado pelo acúmulo de MO, a presença de resíduos vegetais no solo, também contribui para a elevação das taxas de infiltração de água por reduzir o selamento superficial do solo, devido ao efeito imediato de proteger a sua superfície contra o impacto das gotas de chuva (AGOSTINETTO et al., 2000). Entretanto, em SPDH–Chuchu, a excelente infiltração de água em relação à SPDH–Brócolis, não se deve somente a boa estruturação do solo ocasionada pelo SPDH, mas principalmente à textura dessa área (Tabela 3), que no SPDH–Chuchu é arenosa ( $130 \text{ g kg}^{-1}$  de argila) e nas demais áreas tem-se textura argilosa (teores de argila variando de 300 a  $400 \text{ g kg}^{-1}$ ). O tempo de infiltração corrobora com os menores indícios de compactação encontrados em SPDH e mata, assim como indica alta compactação no SPC-Pastagem (Tabela 2).

A avaliação do IQS “Retenção de umidade” (Umidade) permitiu constatar a superioridade da capacidade de retenção de umidade das áreas em SPDH, em relação à área de SPC-Pastagem. Adicionalmente, o valor atribuído à SPDH-Brócolis foi igual ao da área de Mata. Em SPDH-Chuchu, devido à textura mais arenosa (Tabela 3), a avaliação indicou que a retenção de umidade nessa área é um pouco inferior em relação à SPDH-Brócolis, entretanto, o valor atribuído ainda é bastante alto. Os resultados obtidos para esse IQS evidenciam a sua relação com os IQS “Estrutura” e “Compactação”, uma vez que a retenção de umidade no solo é dependente da porosidade originada pela agregação do solo, em especial dos macroporos, por onde a água infiltra em seu perfil, e dos microporos, onde a água fica armazenada (PRIMAVESI, 1982; COSTA et al., 1993). Também destaca-se o tempo de infiltração, pois com maior umidade no solo, mais fácil para ocorrer o deslocamento de água no solo.

Quanto ao IQS “Profundidade do solo explorada pelas raízes” (Enraizamento), os valores atribuídos às áreas de SPDH-Chuchu e Mata, foram similares, sendo o SPDH-Brócolis um pouco inferior aos valores atribuídos à área de Mata, e ao SPDH-Chuchu. Em comparação com a área de SPC-Pastagem, os valores atribuídos nas demais áreas indicam a presença de raízes distribuídas mais uniformemente no perfil do solo. Na área de SPC-Pastagem é possível identificar maior concentração de raízes apenas nos primeiros 10 cm do solo e é quase imperceptível a distribuição de raízes na camada mais profunda. É exatamente abaixo dos primeiros 10 cm da área de SPC-pastagem que se encontra uma camada extremamente compactada, o que foi evidenciado pelo IQS “Compactação”, o que reflete na mínima presença de raízes abaixo desta camada. Em áreas sob SPDH tem sido percebidas melhorias ao longo do tempo, no que concerne a distribuição e crescimento do sistema radicular ao longo do perfil do solo (FAYAD et al., 2013). A relação do enraizamento das plantas com o IQS “Compactação” confirma os valores atribuídos pelo grupo de avaliadores para esse IQS, uma vez que em solo compactado, com predominância de microporos, o desenvolvimento das raízes é prejudicado (PRIMAVESI, 1982).

A análise do IQS “Erosão” permitiu verificar que em SPDH-Brócolis, mesmo com relevo forte ondulado, não havia sinais de perdas significativas de solo. A manutenção de cobertura na superfície do solo proporcionada pela vegetação espontânea por anos seguidos, certamente tem contribuído para proteger o solo da erosão no local, de duas maneiras: a primeira é devida a dissipação da energia cinética das gotas de chuva ao entrarem em contato com a cobertura vegetal ou com a palhada (COGO et al., 2003;



COSTA et al., 1993), a segunda se deve à melhoria das características físicas do solo ocasionadas pelo incremento de MO, principalmente aquelas relacionadas à infiltração de água, o que diminui o escoamento superficial das águas da chuva (PRIMAVESI, 1982; COSTA et al., 1993).

Em SPDH–Chuchu, por ser uma área com a utilização de plantas de cobertura, rápida infiltração de água no solo e relevo plano, a erosão é praticamente nula no local. Contudo, essa área é periodicamente inundada pela elevação do nível de um rio próximo, e conforme relatado pelos proprietários, após a adoção do SPDH as enxurradas não tem mais ocasionado problemas ao solo como antes, quando a mesma área se tornava um “mar de lama”. Em relação à área de SPC-Pastagem, pelo relevo também plano do local, não foram observados sinais evidentes de perdas de solo por erosão. Entretanto, pelos péssimos resultados relacionados aos IQS “Compactação” nessa área, é possível que haja escoamento superficial de grande parte das águas da chuva, ocasionando perdas de solo, durante o período de maior precipitação (COSTA et al., 1993).

## **Conclusões**

Todos os IQS em SPDH–Chuchu e SPDH–Brócolis, exceto “Erosão”, foram superiores em relação à SPC-Pastagem. A maioria dos IQS nas áreas sob SPDH diferiram pouco daquelas atribuídas a Mata, o que indica um ótimo nível de qualidade do solo nas áreas manejadas sob esse sistema de manejo do solo.

A manutenção de resíduos vegetais e a ausência de revolvimento do solo são os fatores primordiais para a melhoria do estado de qualidade do solo de um sistema agrícola, por ocasionar aumento dos teores de matéria orgânica no solo, que melhora a sua estruturação, estimulando a atividade biológica, aumentando a capacidade de retenção e infiltração de água, aumentando o alcance das raízes no perfil do solo e reduzindo as perdas de solo por erosão. Deste modo, por proporcionar qualidade do solo, o SPDH se apresenta como uma alternativa eficiente para a produção agroecológica de culturas olerícolas.

## **Referências bibliográficas**

AGOSTINETTO, D.; FERREIRA, F. B.; STOCH, G.; FERNANDES, F. F.; PINTO, J. J. O. Adaptação de espécies utilizadas para cobertura de solo no sul do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 6, n. 1, p. 47-52, 2000.

ALTIERI, M. A. & NICHOLLS, C. I. Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, Costa Rica, 64:17-24, p. 19 e 24, 2002.

ALVES, M.V.; BARETTA, D.; CARDOSO, E.J.B.N. Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p.33-43, 2006.

ARAÚJO, A. A. de. **Forrageiras para ceifa: capineiras, pastagens, fenação e ensilagem**. Porto Alegre: Sulina, 1967. 153 p. : il.

BARETTA, D., SANTOS, J. C. P., BERTOL, I., ALVES, M. V., MANFOI, A. F., BARETTA, C. R. D. M. Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 5, n. 2, p. 108-117, 2006.

BAYER, C.; MARTIN-NETO, L.; MIELNICZUK, J.; PAVINATTO, A. Armazenamento de carbono em frações lábeis da matéria orgânica de um Latossolo Vermelho sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39. n.7 p. 677-683, jul. 2004.

BOURSCHEID, C. A.; LOSS, A.; COMIN, J. J.. Avaliação da arborização de pastagens sob Pastoreio Racional Voisin por meio de indicadores qualitativos de qualidade do solo. In: **V Congresso Latinoamericano de Agroecología-SOCLA** (7 al 9 de octubre de 2015, La Plata). 2015.

CALEGARI, A. Plantas de cobertura e rotação de culturas no Sistema de Plantio Direto. **Informações Agronômicas**, Instituto Agronômico do Paraná-IAPAR, Londrina, n. 122, 2008.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J. C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 6, p. 632-638, 2012.

COGO, N. P.; LEVIEN, R.; SCHWARZ, R. A.. Perdas de solo e água por erosão hídrica influenciadas por métodos de preparo, classes de declive e níveis de fertilidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 4, p. 743-753, 2003.

COSTA, F. S.; ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos Sistemas Plantio Direto e Preparo Convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Santa Maria, v. 27, p. 527-535, 2003.

COSTA, M. B. B. da. (Coord.) **Adubação verde no Sul do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro : AS-PTA-Assessoria e serviços a projetos em agricultura alternativa, 1993. 346p.

CRUZ, J. C.; MAGALHÃES, P. C.; PEREIRA FILHO, I. A.; MOREIRA, J. A. M. (Editores técnicos). **Milho: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília. 2011. 338 p.

DORAN, J.W. & PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F. & STEWART, B.A., eds. **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison, SSSA, p.1-20, 1994. (Especial, 35).

FAYAD, J. A.; COMIN, J. J.; BERTOL, I. (Orgs.). **Sistema de plantio direto de hortaliças: o cultivo do chuchu**. Florianópolis: Epagri, 2013. 59 p. (Epagri. Boletim Didático, 94).

FAYAD, J. A.; COMIN, J. J.; BERTOL, I. (coord.). **Sistema de plantio direto de hortaliças (SPDH): O cultivo do tomate**. Florianópolis: Epagri, 2016. 87 p. (Epagri. Boletim Didático, 131).

FERREIRA LOBO, J. M.; LIMA, P. C.; LOVATO, P. E./ MOURA, W. M. Sistema de avaliação participativo de aspectos ambientais e produtivos em agroecossistemas com cafeeiros. **Informe Agropecuário**, v. 30, p. 68-79, 2009.

FERREIRA, T. L. **A Bracatinga (Mimosa scabrella) como componente arbóreo em pastagem polifítica sob pastoreio racional Voisin**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Florianópolis, 169 p. 2012.

KIELING, A. S.; COMIN, J. J.; FAYAD, J. A.; LANA, M. A.; LOVATO, P. E. Plantas de cobertura de inverno em sistema de plantio direto de hortaliças sem herbicidas: efeitos sobre plantas espontâneas e na produção de tomate. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 39, n. 7, p. 2207-2209, 2009.

LIMA, C. L. R. de, PILLON, C. N. & LIMA, A. C. R. de. Qualidade Física do Solo: Indicadores quantitativos. Documentos, 196. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 25p., 2007.

LUCIANO, R. V.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; KURTZ, C.; FAYAD, J. A. Propriedades físicas e carbono orgânico do solo sob plantio direto comparados à mata natural, num Cambissolo Háplico. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, v. 9, n. 1, p. 9-19, 2010.

MARQUELLI, W. A.; ABDALLA, R. P.; MADEIRA, N. R.; OLIVEIRA, A. S.; SOUZA, R. F. Eficiência de uso da água e produção de repolho sobre diferentes quantidades de palhada em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, p. 369-375, 2010.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p 1-18.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. 2. ed. Lavras: UFLA, 2006. 729 p.

MÜLLER JÚNIOR, V.; LIMA, A. P.; SEPULVEDA, C. M.; AMBROSINI, V. G.; FAYAD, J. A.; ZANELLA, M.; BRUNETTO, G.; COMIN, J. J. Resposta de Brócolis a Doses Crescentes de Nitrogênio em Sistema de Plantio Direto de Hortaliças. In: **X Reunião Sul-Brasileira de Ciência do Solo: Fatos e Mitos em Ciência do Solo**, Pelotas, RS - 15 a 17 de outubro de 2014.

PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. G. M. **Avaliação inicial de algumas leguminosas herbáceas perenes para utilização como cobertura viva permanente de solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 1998. 6 p. (Comunicado técnico, 28).

PRIMAVESI, A.. **Manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais**. 5. ed. São Paulo: Nobel, 1982. 541 p.

SANTOS, H. G. EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: EMBRAPA Solos, 2013. 353p.

REICHERT J. M.; REINERT, D. J.; BRAIDA, J. A. Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas. Santa Maria/RS. **Ciência & Ambiente** 27, julho/dezembro p. 29-48, p. 16 e 48, 2003.

SCHAEFER, C. E. G. R.; SOUZA, C. M.; VALLEJOS, M.; VIANA, J. H. M.; GALVÃO, J. C. C.; RIBEIRO, L. M. Características da porosidade de um Argissolo Vermelho-Amarelo submetido a diferentes sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 765-769, 2001.

SILVA, R. F. AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. B.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em latossolo da região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 4, p. 697-704, 2006.

SOLDÁ, C. C.; COMIN, J. J.; FEISTAUER, D.; FABIANE, K. C.; BERWANGER, A.; COUTO, R. R. Avaliação da Sustentabilidade em Pastagens. **Rev. Bras. de Agroecologia**. v. 9, n.1, 2014.

VEZZANI, F. M.; MIELNICZUK, J. Uma visão sobre qualidade do solo. **Revista brasileira de ciência do solo**. Viçosa. Vol. 33, n. 4 (jul./ago. 2009), p. 743-755, 2009.

WENDLING, B.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E. D. S.; NEVES, J. C. L. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 5, p. 487-494, 2005.